

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ В РАЗРЯДЕ В ВОЗДУХЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

В последнее время возрос интерес к генерации электронных пучков в газовом разряде высокого давления. Специфика таких разрядов состоит в том, что в них часть электронов имеет энергию, значительно превышающую среднюю. Такие высокоэнергетические электроны получили название убегающих [1,2].

Параметры пучка убегающих электронов – его энергия, длительность, плотность тока, зависят от состава и давления газовой смеси, формы, размера и материала электродов, размера межэлектродного промежутка, распределения в нем электрического поля, а также от формы импульса ускоряющего напряжения.

Заинтересованность в получении сильноточных пучков убегающих электронов в воздухе атмосферного давления можно продемонстрировать на примере установок типа КЛАВИ [3]. В них для возбуждения импульсной катодолюминесценции используются электронные пучки, генерируемые в вакуумных диодах ИМАЗ с анодом в виде тонкой бериллиевой фольги. При получении пучков убегающих электронов в воздухе атмосферного давления, имеющих токи, достаточные для возбуждения импульсной катодолюминесценции в образце, отпадает необходимость в вакуумных трубках, которые выходят из строя после разгерметизации фольги.

Целью предварительных экспериментов, описанных ниже, являлась попытка проследить влияние геометрии катода и межэлектродного промежутка на количество убегающих электронов в пучке.

В эксперименте в качестве импульсного источника напряжения использовалась установка РАДАН 220 [4,5] с напряжением в импульсе 200 кВ и длительностью на полувывоте 2 нс. На верхнюю часть установки крепилась специально созданная разрядная камера атмосферного давления, схема устройства и крепления которой приведена на рис. 1.

Изолятор (1) служит для сохранения электрической прочности между штывевым электродом (2), на который подается импульс напряжения –200 кВ и заземленным корпусом установки. Изолятор (4) использовался для фокусировки пучка убегающих электронов. Катоды различной формы в разрядной камере крепились на винт (3). Анод использовался сеточный. Межэлектродное расстояние менялось с помощью подвижных проводящих колец (6) и (7), между которыми крепился анод.

Количество убегающих электронов оценивалось термолюминесцентным методом. Использовались термолюминесцентные детекторы ТЛД-500К, представляющие собой аниондефектные монокристаллы $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, в виде таблеток диаметром 5 мм и толщиной 1 мм. Выбор этого метода был основан на предварительных экспериментах, которые показали, что интенсивность и

светосумма термолюминесценции растут пропорционально изменению плотности электронного тока в широком диапазоне ее значений.

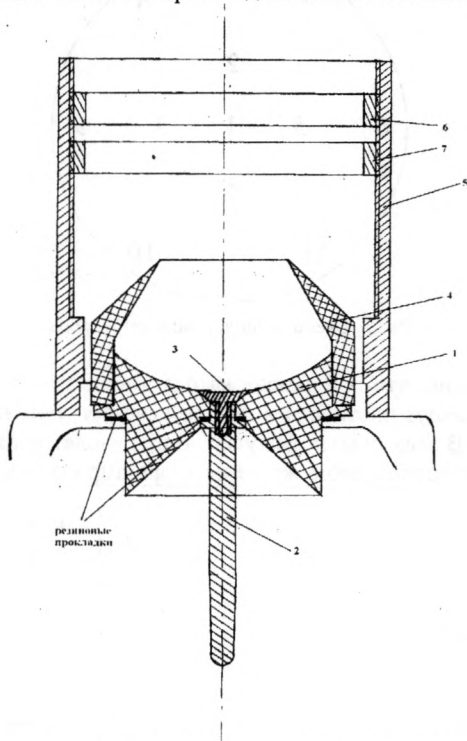


Рис.1. Схема устройства и крепления разрядной камеры атмосферного давления

В каждом опыте производилось 20 импульсов. Термолюминесцентные детекторы (в каждом опыте их было по 11) нумеровались и располагались на поверхности анода так, как показано на рис. 2. Детекторы № 2,3,4,5 были расположены на расстоянии 1,25 см от детектора №1, детекторы № 6,7,8,9,10,11 – на расстоянии 2,75 см.

На основе полученных данных о светосумме излучения в каждом опыте были построены трехмерные диаграммы, примеры которых приведены на рис. 3. Плотность тока убегающих электронов отложена по оси Z. В плоскости, перпендикулярной оси Z, откладывались координаты детектора на аноде. Середина анода, т.е. детектору №1 соответствует точка с координатами (2,2).

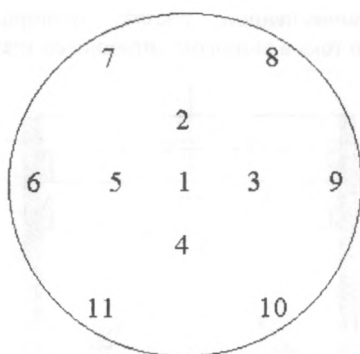


Рис.2. Схема расположения детекторов

Из рис. 3 видно, что при замене катода в виде трубки на сеточные ярко выраженный максимум плотности в центре исчезает, при этом возрастает на периферии анода. В этих опытах фокусирующий изолятор отсутствовал, поэтому поле в межэлектродном промежутке не корректировалось.

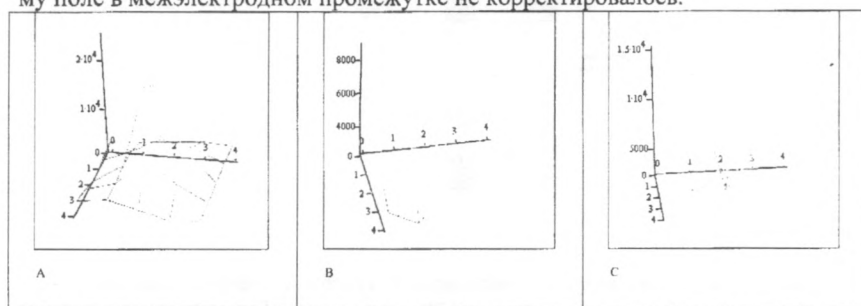


Рис.3. Зависимость распределения плотности электронного тока (полной светосуммы) от расположения детекторов. А – катод в форме металлической трубки диаметром 7 мм; В – катод в виде сетки, имеющей форму части сферы и закрепленной на металлической трубке; С – катод в виде трех вставленных друг в друга сеток, имеющих форму части сфер различного диаметра, закрепленных на металлической трубке

На основе полученных результатов было подтверждено наличие пучков убегающих электронов в разряде в воздухе атмосферного давления, а также сделаны следующие выводы.

Для получения наиболее сфокусированного пучка необходимо, чтобы катод был острийный, причем использование катода с одинаковым диаметром основания и острия увеличивает ток электронов в $\sim 1,6$ раза по сравнению с острийным катодом, имеющим разные диаметры основания и острия. При дальнейших исследованиях как альтернативный вариант возможно применение острийного катода с разными диаметрами основания и острия, неравномерно расширяющегося к низу. Возможно, это даст более подходящую форму поля для генерации пучка.

Наибольший ток получается, если поле в промежутке исказить посредством добавления к острейшему катоду нескольких трубок разного диаметра, вставленных друг в друга, причем обрез трубок должен находиться ниже острия. Это увеличило ток убегающих электронов в случае острейшего катода с одинаковым диаметром основания и острия в $\sim 1,2$ раза, в случае острейшего катода с разным диаметром основания и острия в $\sim 1,75$ раза.

Хотя проведенные опыты были чисто качественного характера, по зафиксированному излучению был оценен ток. В самом удачном опыте при 20 импульсах максимальная поглощенная доза составила $\sim 0,01$ Гр, т.е. при одном импульсе $\sim 0,52$ мГр. Для сравнения: в установке для возбуждения импульсной катодолуминесценции поглощенная доза в одном импульсе составляет $1,1 \pm 0,2$ кГр, при токе ~ 1 кА. Судя по этим данным, ток убегающих электронов в нашем случае ~ 1 мА.

Результаты данного исследования будут использованы при подготовке следующего эксперимента, в котором планируется напрямую измерить ток пучка убегающих электронов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев С.Б., Орловский В.М., Тарасенко В.Ф. // Письма в ЖТФ. 2003. Т. 29, вып.10. С. 29-35.
2. Ткачев А.Н., Яковленко С.И. // Письма в ЖТФ, 2003, т.29, В.16, С. 54-62.
3. Соломонов В.И., Импульсная катодолуминесценция и ее применение для анализа конденсированных веществ / В.И. Соломонов, С.Г. Михайлов
4. Тарасенко В.Ф., Шпак В.Г., Шунайлов С.А., Яландин М.И., Орловский В.М., Алексеев С.Б. // Письма в ЖТФ. 2003. Т.29, вып.21. С. 1-6.
5. Яландин М.И., Шпак В.Г. // ПТЭ. 2001. №3. С. 5-31.
6. Бабич Л.П., Лойко Т.В., Цукерман В.А. // УФН. 1990. Т.160, вып.7. С. 49-82.
7. Алексеев С.Б., Орловский В.М., Тарасенко В.Ф., Ткачев А.Н., Яковленко С.И. // Письма в ЖТФ. 2003. Т.29, Вып.16. С. 45-53.
8. Тарасенко В.Ф., Орловский В.М., Шунайлов С.А. // Изв. Вузов. Физика. 2003. №3. С. 94-95.